

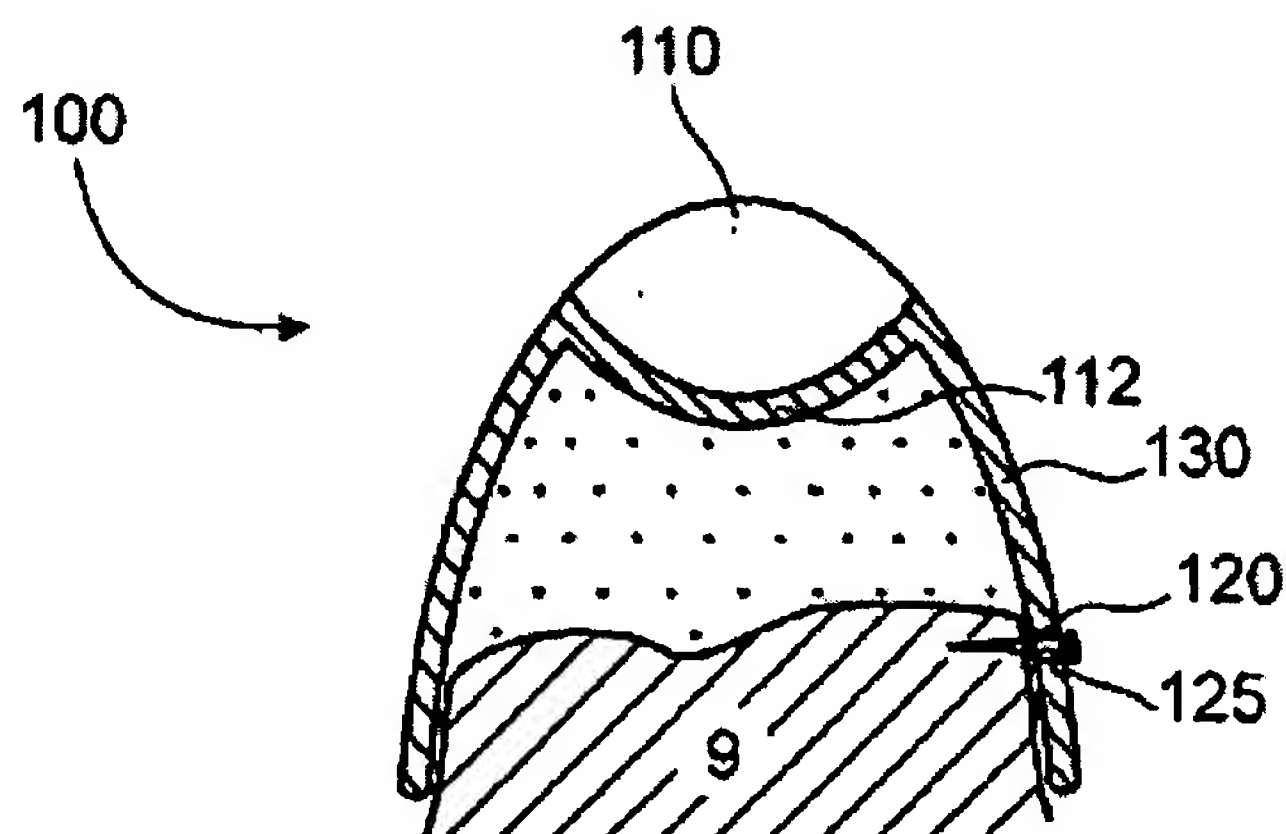
**Controlled reconstruction method for bone and suitable drilling template in the shape of membrane constructed from model of the actual jaw bone condition**

**Patent number:** DE10138373  
**Publication date:** 2003-03-06  
**Inventor:** EISENBURGER ROBERT (DE)  
**Applicant:** EISENBURGER ROBERT (DE)  
**Classification:**  
- international: **A61B17/17; A61B17/80; A61C8/00; A61C13/00; A61B19/00; A61B17/16; A61B17/68; A61C8/00; A61C13/00; A61B19/00; (IPC1-7): A61B17/56; A61C7/00; A61C19/04**  
- european: A61B17/17S6; A61B17/80H; A61C8/00C1A; A61C13/00C1  
**Application number:** DE20011038373 20010811  
**Priority number(s):** DE20011038373 20010811

Report a data error here

**Abstract of DE10138373**

A three dimensional image of the actual condition, e.g. of the lower jaw bone is taken by computer tomography. A three dimensional model of it can be constructed by Rapid Prototyping. Using CAD, the required condition of, e.g. the alveolar comb (9) is established on a model of the actual condition, which includes the position of implants. A membrane (130) is then matched to this model showing the peaks (110) and valleys (112).



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 38 373 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**A 61 B 17/56**  
A 61 C 19/04  
A 61 C 7/00

②1 Aktenzeichen: 101 38 373.8  
②2 Anmeldetag: 11. 8. 2001  
④3 Offenlegungstag: 6. 3. 2003

DE 101 38 373 A 1

⑦1 Anmelder:  
Eisenburger, Robert, Dr.med.dent., 86830  
Schwabmünchen, DE

⑦4 Vertreter:  
Kahler, Käck & Fiener, 87719 Mindelheim

⑦2 Erfinder:  
gleich Anmelder

⑤6 Entgegenhaltungen:

DE	43 02 709 C1
DE	197 25 788 A1
DE	196 05 485 A1
DE	43 38 440 A1
DE	694 11 980 T2
FR	27 13 090 A1
US	62 13 774 B1
US	60 19 764 A
US	57 27 945 A
US	9 57 690 A
EP	05 74 091 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zum gesteuerten Aufbau eines Knochens und Bohrschablone hierzu

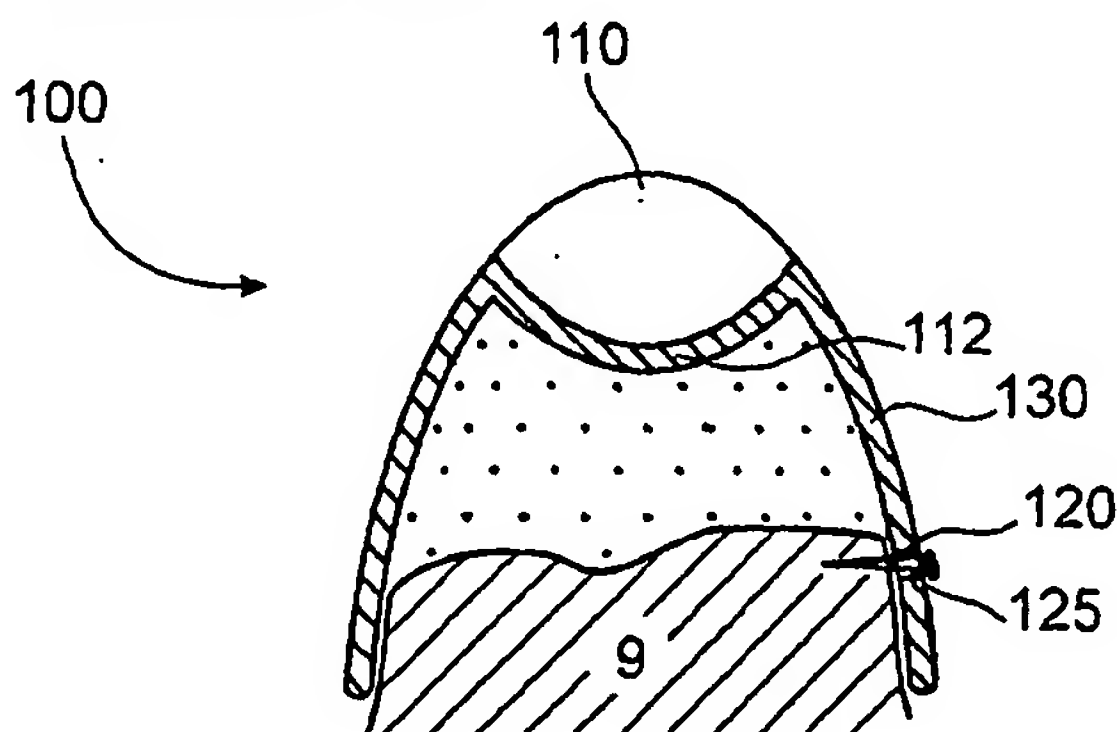
⑤7 Zur gezielten Regeneration von Knochenmaterial, insbesondere für Kieferknochen, wird ein Verfahren zur Herstellung einer Form (100) zur Verwendung für den gesteuerten Aufbau eines Knochens vorgeschlagen, das die folgenden Schritte umfaßt:

(a) Aufnahme eines dreidimensionalen Bildes des Ist-Zustandes des aufzubauenden Knochens zu dessen Rekonstruktion;

(b) Festlegen des Soll-Zustandes des aufzubauenden Knochens;

(c) Herstellung eines Modells des Soll-Zustandes des aufzubauenden Knochens;

(d) Anpassen einer Membran (130) an das Modell, wobei die Membran (130) die Topographie des Modells annimmt und ohne Stütze in der dadurch erhaltenen dreidimensionalen Gestalt verbleibt und so die Form (100) bildet.



DE 101 38 373 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Form zur Verwendung für den gesteuerten Aufbau eines Knochens. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Bohrschablone zum Anbringen von Bohrungen in einem Kieferknochen für das Setzen von Implantaten in dem Kieferknochen, sowie eine diesbezügliche Bohrschablone.

[0002] Bei der Rekonstruktion von Knochen in der plastischen Chirurgie oder bei kieferchirurgischen Operationen werden gewöhnlich Knochendefektstellen mit Knochenaufbaumaterial gefüllt. Um zu gewährleisten, daß das Knochenaufbaumaterial von der Knochenfläche her knöchern durchwachsen wird, nicht aber von Epithel und subepitheliale Bindegewebe, wird die gefüllte Knochendefektstelle mit einer Abdeckmembran verschlossen, da andernfalls Bindegewebe einwächst, wodurch die vollständige Regeneration des Knochens und damit die Beseitigung der Knochendefektstelle be- oder verhindert wird. Die möglichst vollständige Regeneration des Knochens ist jedoch unbedingt notwendig, um beispielsweise trotz Atrophie des Alveolarkammes das Einsetzen von Implantaten in der Zahnmedizin zu ermöglichen.

[0003] An Abdeckmembranen sind im wesentlichen zwei- oder drei Typen bekannt. So finden zum einen Abdeckmembranen aus flexiblem Kunststoffmaterial, beispielsweise Polytetrafluorethylen (PTFE)-Folien, Verwendung, wie beispielsweise aus US 5,957,690 und US 6,019,764 bekannt. Diesen flexiblen Abdeckmaterialien haftet jedoch der Nachteil an, daß die Abdeckmembranen bedingt durch ihre flexible Gestaltung bei Bewegungen leicht verrutschen können. Zum anderen ist lediglich das Füllen von Defektstellen in Form von Höhlungen möglich, da diese Membranen eine Defektstelle lediglich überspannen können. Eine vertikale Augmentation ist nur bedingt möglich, da die Kunststoffmembranen aufgrund ihrer Flexibilität nicht in der gewünschten Form verbleiben, sondern in sich zusammensinken. Zudem können diese Membranen kaum belastet werden.

[0004] Weiterhin sind Abdeckmembranen bekannt, die entweder aus einem steifen Material hergestellt sind bzw. durch versteifende Zusätze ausgehärtet werden. Diese Abdeckmembranen behalten ihre Form und ermöglichen eingeschränkt auch eine Knochenaugmentation. So ist aus der DE 43 02 709 eine Abdeckeinrichtung bestehend aus Abdeckmembran und Versteifungslage bekannt. Es ist bevorzugt vorgesehen, daß die Versteifungslage aus perforiertem Titanblech besteht. Die Abdeckeinrichtung wird mittels Befestigungsmitteln am Kieferknochen fixiert. Nachteil dieser Abdeckeinrichtung ist jedoch, daß diese ebenfalls nur zum Überdecken eines Knochendefekts in Form einer Ausnehmung geeignet ist. Ihre Formgebungsmöglichkeit ist daher eingeschränkt.

[0005] In der FR 2713090 und EP 0 574 091 sind jeweils Abdeckeinrichtungen gezeigt, die tunnelartig über eine Knochendefektstelle gewölbt werden können und dadurch eine Augmentation des Knochens ermöglichen. Das Abdeckelement der EP 0 574 091 weist in der Mitte einen Schirmteil auf, der aus einem festen Material besteht. Um eine Versiegelung der Abdeckeinrichtung zu erzielen, ist randseitig eine flexible Kante vorgesehen, die sich beispielsweise an den Knochen anschmiegt. Ähnlich sieht auch die FR 2713090 im mittleren Bereich eine Metallmembran, beispielsweise aus Titan vor, die sich über die Defektstelle wölbt. Diese Metallmembran kann angepaßt werden an die Gewebeform, die regeneriert werden soll. Eine Abdichtung wird mittels eines Dichtungsringes, beispielsweise aus Sili-

kon erzielt. Mit Hilfe dieser Vorrichtungen ist zwar eine Augmentation des Knochens möglich, eine gezielte Gestaltung von Knochenmaterial ist jedoch nicht möglich.

[0006] Aus der US 5,727,945 ist zudem eine Membran bekannt, die in eine gewünschte Gestalt geformt wird und mittels eines Härtes ausgehärtet wird, wodurch die Membran die Form behält. Nach Anbringen der Membran an der gewünschten Stelle entsteht eine Höhlung, in die das Knochengewebe einwachsen kann. Aus der DE 196 05 485 ist weiterhin eine Titanmembran bekannt, die auf den defekten Knochen gelegt wird und dadurch die Knochenaugmentation bewirken soll.

[0007] Neben dem Problem der Erzeugung von Knochenmaterial im allgemeinen, besteht in der Zahnmedizin darüber hinaus das Problem, daß nach Abbau des Knochens die Interdentalpapillen zurückgehen und so Lücken zwischen den Zähnen hinterlassen. Diese Lücken (auch "schwarze Dreiecke" genannt) sind nicht nur optisch wenig ansprechend, sondern die fehlende Interdentalpapille kann ihre Aufgabe nicht mehr erfüllen, beispielsweise das Abhalten von Speiseresten vom Eindringen in die Zahnzwischenräume. Dieses sogenannte Papillenproblem tritt darüber hinaus nicht nur nach altersbedingtem oder bakteriell bedingtem Abbau des Knochens auf, sondern auch und gerade nach dem Einsetzen von Implantaten. In der Zahnheilkunde wurden verschiedene Versuche unternommen, dieses Papillenproblem zu lösen.

[0008] So ist aus der US 6,213,774 ein Papillenimplantat bekannt, das aus einem Kopf und einem Schaft besteht. Der Schaft wird in den Knochen eingeführt und der Kopf stellt eine Oberfläche zur Verfügung, über die das Zahnfleisch wachsen kann und so wieder eine Papille ausgebildet wird. Nachteil dieses Papillenimplantates ist jedoch, daß zum einen ein tragfähiger Kieferknochen vorhanden sein muß, der das Implantat aufnehmen kann, und zum anderen verbleibt dieses Implantat im Kiefer, so daß die Papille dadurch zeitlebens künstlich bleibt.

[0009] Ein ähnliches System beschreibt die DE 197 25 788, die ein Stützgerüst zur Verfügung stellt, mit dem die oben beschriebenen, flexiblen Abdeckmembranen für die gesteuerte Gewebegeneration im Bereich verlorengangener Interdentalpapillen stabilisiert werden können. Dieses Stützgerüst ist resorbierbar. Somit wird ein physiologisch richtig geformter Vorhalteraum für die Gewebegeneration geschaffen. Zwar ist im Vergleich zur US 6,213,774 dieses Stützgerüst resorbierbar, dennoch handelt es sich auch hier lediglich um eine Hilfskonstruktion.

[0010] Ein weiterer Ansatz zum Lösen des Papillenproblems liegt darin, beispielsweise aus dem Gaumen ein Stück Bindegewebe zu entnehmen und es so zusammenzulegen, daß dies der Form einer Papille entspricht. Dieses Bindegewebeknäuel wird dann an der Stelle platziert, an der die Interdentalpapille ausgebildet werden soll, von Zahnfleisch umhüllt und mit diesem vernäht. Nachteil dieses Verfahrens ist jedoch, daß relativ große Zahnfleischtaschen verbleiben, die der Patient nur mühsam sauberhalten kann. Dadurch werden Zahnfleiscentzündungen geradezu provoziert, was u. U. einen weiteren Rückgang des Knochengewebes nach sich zieht.

[0011] Eine weitere Möglichkeit des Ersatzes von Knochendefektstellen und dessen Ergänzung wird durch Techniken der Erzeugung von künstlichem Gewebe, als "Tissue Engineering" bekannt, zur Verfügung gestellt. So ist in dem Artikel "Künstliche Gewebe - Tissue Engineering auch in der Zahnmedizin" von D. J. Schäfer et al., Zahnärztliche Mitteilungen Jg. 91, Nr. 10, vom 16.05.2001, S. 48-52 beschrieben, wie aus kleinen Biopsien gewonnene gewebetypische Zellen isoliert werden, ex vivo vermehrt und auf ge-

eigneten Trägermaterialien implantiert werden. Nach der Implantation synthetisieren die Zellen organotypisches Gewebe, beispielsweise Knochengewebe. Im Laufe der Zeit wird das Trägermaterial resorbiert und durch Neogewebe ersetzt. Es ist weiterhin vorgesehen, daß nach einer 3D-Computertomographie ein Spritzgußmodell angefertigt wird, aufgrund dessen ein dreidimensionales Konstrukt aus Trägermaterial hergestellt wird. Mit Hilfe dieses vorgeformten, dreidimensionalen Konstruktes sollen Knochendefekte gefüllt, Sinusaugmentationen und Behandlung der Alveolar-kammatrophie ermöglicht werden. Mit Hilfe des "Tissue Engineering" ist zwar eine der physiologischen Form entsprechende Regeneration von Knochen und anderem Gewebe möglich, dennoch ist dieses Verfahren äußerst aufwendig, sehr teuer und in der täglichen, beispielsweise zahnmedizinischen Praxis praktisch nicht anwendbar. Das weitaus größere Problem liegt darin, daß solche Knochenblöcke, wenn sie in toto implantiert werden, bei Belastung sehr stark schwinden, so daß jeglicher Angriffspunkt, sei dies in Form von Bändern oder Gingivadruck, geschweige denn Prothesendruck vermieden werden müßte.

[0012] Die derzeit in der zahnmedizinischen Praxis verwendeten Bohrschablonen zum Anbringen von Bohrungen im Kieferknochen für das Setzen von Implantaten in diesen sind in der Regel so gestaltet, daß für jedes Implantat ein Bohrzylinder vorgesehen ist. Der Durchmesser eines Bohrzylinders entspricht dabei dem Durchmesser der als erstes zu setzenden Bohrung der sog.

[0013] Primärbohrung. Diese muß mit relativ kleinem Durchmesser gebohrt werden, da Kieferknochen normalerweise eine hohe Dichte hat und aus diesem Grund nur mit kleinem Bohrer gebohrt werden kann, da andernfalls die erforderlichen Kräfte nicht aufgebracht werden könnten. Ein bekanntes Problem derartiger Bohrschablonen liegt darin, daß diese mit der Hand über dem Kieferknochen festgehalten werden müssen, um sie vor Verrutschen zu bewahren. Dies stellt sich insbesondere dann als Problem heraus, wenn mehrere Bohrungen hintereinander gesetzt werden müssen. Der Zahnarzt ist dann u. U. gezwungen umzugreifen, d. h. zum Festhalten der Bohrschablone von einer Hand auf die andere zu wechseln bzw. seine Position zu wechseln. Gerade bei diesem Umgreifen oder Verändern der Position der Hand auf der Bohrschablone kommt es sehr häufig vor, daß die Bohrschablone verrutscht. Wird dann anhand der nicht mehr exakt positionierten Bohrschablone die Bohrung gesetzt und darauf folgend das Implantat verankert, so ist das Implantat nicht an der ursprünglich vorgesehenen, optimalen Position positioniert. Dies bringt nicht nur Probleme beim Biß mit sich, sondern kann u. U. die Optik des restaurierten Gebisses empfindlich stören.

[0014] Ein weiteres Problem bekannter Bohrschablonen liegt darin, daß eine Repositionierung, d. h. eine erneute Auflage der Bohrschablone, nachdem diese einmal abgenommen wurde, kaum mehr möglich ist. Dies liegt daran, daß bekannte Bohrschablonen nur mittels des geübten Auges des Zahnarztes auf dem Kieferknochen positioniert und ausgerichtet werden. Daher ergeben sich zwangsläufig Abweichungen, wenn die Bohrschablone einmal abgenommen und wieder aufgelegt wird, vom ursprünglich gewünschten Auflageort. Nach einer Repositionierung ergeben sich sehr häufig Probleme dahingehend, daß die Bohrung nicht mehr an der exakt vorgesehenen Stelle gesetzt werden kann, mit der Folge der oben geschilderten Probleme von verrutschten Bohrschablonen. Weiters ist an bekannten Bohrschablonen nachteilig, daß diese lediglich für die Primärbohrung vorgesehen sind. Die daran anschließenden Bohrungen, die nötig sind, bis die für das Setzen von Implantaten nötige Größe der Bohrung erzielt werden kann, müssen von Hand gesetzt

werden. Dies stellt sich dann als problematisch heraus, wenn der Kieferknochen bereits atrophiert ist bzw. der Knochen in seiner Struktur geschwächt ist, so daß er vergleichsweise weich ist. Dann wird der Bohrer nicht durch die Primärbohrung automatisch in seiner Position zentriert, sondern der Zahnarzt kann beim Setzen dieser Bohrungen leicht von der ursprünglich gesetzten Primärbohrung abweichen. Auch hierdurch ergeben sich die oben geschilderten Probleme einer nur ungenau positionierten Rekonstruktion. Das Hauptproblem der jetzigen Bohrschablonen liegt darin, daß die Bohrschablonen auf der Gingiva ausgerichtet werden, anschließend die Primärbohrungen durchgeführt werden, daraufhin die Schleimhaut vom Knochen gelöst wird, um alle weiteren Bohrungen durchführen zu können. Sobald die Gingiva an irgendeiner Stelle vom Knochen abgeklappt worden ist, kann die Bohrschablone, da nicht mehr repositionierbar, nicht mehr verwendet werden.

[0015] Infolgedessen besteht weiterhin das Problem, ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, mit dem eine dreidimensionale Regeneration von Knochenmaterial in der physiologischen und möglichst natürlichen Gestalt ermöglicht werden kann. Insbesondere soll ein Verfahren zur Verfügung gestellt werden, mit dem sowohl gezielt Knochen mit vorhersagbarer Ausdehnung bzw. Dimension aufgebaut werden kann als auch im weiteren Ablauf benötigte Maßnahmen am Knochen, insbesondere im Kieferknochen, vorgenommen werden können. Dieses Verfahren soll darüber hinaus auch preisgünstig und in der Arztpraxis anwendbar sein. Weiterhin soll eine Bohrschablone zur Verfügung gestellt werden, die bei exakter Positionsfestlegung ein Verrutschen der Bohrschablone möglichst verhindert und die nach dem Abnehmen wieder repositioniert werden kann.

[0016] Diese Aufgabe wird gelöst durch Verfahren gemäß den Ansprüchen 1 und 13 und eine Bohrschablone gemäß Anspruch 22.

[0017] Vorteilhafte Ausführungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0018] Mittels des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens wird eine Form zur Verwendung für den gesteuerten Aufbau eines Knochens bereitgestellt, umfassend die folgenden Schritte:

- (a) Aufnahme eines dreidimensionalen Bildes des Ist-Zustandes des aufzubauenden Knochens zu dessen Rekonstruktion;
- (b) Festlegen des Soll-Zustandes des aufzubauenden Knochens;
- (c) Herstellung eines Modells des Soll-Zustandes des aufzubauenden Knochens;
- (d) Anpassen einer Membran an das Modell, wobei die Membran die Topographie des Modells annimmt und ohne Stütze in der dadurch erzielten dreidimensionalen Gestalt verbleibt und so die Form bildet.

[0019] Die mittels dieses Verfahrens gewonnene Form wird vom Modell abgenommen und einem Patienten eingegliedert. Die mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellte Form kann als Positivform des aufzubauenden Knochens betrachtet werden. Soll beispielsweise ein Kieferknochen in seiner natürlichen Gestalt, d. h. mit den ursprünglich interdentalen, jetzt interimplantären Erhöhungen, wiederhergestellt werden, so spiegelt die hergestellte Form oder Membran genau diesen natürlichen, girlandenförmigen Verlauf wider. Nach Einsetzen der Form auf den Kieferknochen des Patienten wird so ein vorher exakt definierter Raum zur Verfügung gestellt, in welchen Knochengewebe hineinwachsen und abgeschirmt von Epithelgewebe regenerieren kann. Nach Ablauf des Regenerationsprozesses



ses weist der aufgebaute Knochen die gewünschte, natürliche Form eines Kieferknochens auf. Nach Abnehmen der Form vom regenerierten Knochen kann das Zahnfleischgewebe den regenerierten Knochen umwachsen und wieder auf natürliche Art und Weise Interdentalspapillen ausbilden. Sie sind wie die ursprünglich ausgebildeten Interdentalspapillen gut zu reinigen. Es verbleibt keine unerwünscht große Zahnfleischtasche, in der sich Speisereste und Bakterien sammeln können. Einer erneuten Entzündung und daraus resultierenden Degeneration des Kieferknochens wird dadurch vorgebeugt. Da kein Stützgerüst oder Papillenimplantat verwendet wird, enthält die Dentalpapille auch keine Fremdkörper. An der Form können auch Zapfen etc. mit eingearbeitet werden, die nach Einsetzen und Vernähen der Schleimhautlappen durch die Gingiva hindurchragen und dadurch einen Halt für eine provisorische Versorgung mittels Brücken oder Prothesen gewährleisten können. Somit ist der Patient in der Zeit der Einheilphase und Regeneration des Augmentats zufriedenstellend und relativ kostengünstig zu versorgen (Zeitraum 6 bis 12 Monate).

[0020] Neben der natürlichen Regeneration mit all ihren optischen und reinigungstechnischen Vorteilen weist das erfindungsgemäße Verfahren darüber hinaus auch den Vorteil auf, daß es sowohl in der Zahnarztpraxis, als auch in Zahn-techniklabors mit üblichen Gerätschaften angewendet werden kann. Im Vergleich zum "Tissue Engineering" ist es überdies wesentlich kostengünstiger. So bedarf es als operative Voraussetzungen keinerlei Vorrichtungen, die das Wachstum von Zellkulturen ermöglichen, sondern es werden lediglich Geräte zur Modellherstellung und ein Computer zur Darstellung des Soll-Zustandes, insbesondere mittels CAD oder eines sonstigen Graphik-Programmes, benötigt.

[0021] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung einer Bohrschablone zum Anbringen von Bohrungen in einem Knochen, insbesondere Kieferknochen für das Setzen von Implantaten in dem Knochen, insbesondere Kieferknochen weist in ähnlicher Weise die folgenden Schritte auf:

- (a) Aufnahme eines dreidimensionalen Bildes des Ist-Zustandes des Knochens zu dessen Rekonstruktion;
- (b) Festlegen des Soll-Zustandes des Knochens;
- (c) Herstellung eines Modells des Soll-Zustandes des Knochens;
- (d) Anpassen einer Membran an das Modell, wobei die Membran die Topographie des Modells annimmt und ohne Stütze in der dadurch erzielten dreidimensionalen Gestalt verbleibt; und
- (e) Anbringen jeweils eines Bohrzylinders in der Membran an jeweils der Stelle, an der ein Implantat vorgesehen ist.

[0022] Die mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellte Bohrschablone weist gegenüber den herkömmlichen Bohrschablonen den Vorteil auf, daß ihre Positionierung exakt und wiederholbar ist. Die Bohrschablone weist die Oberflächengestalt des Knochens, insbesondere Kieferknochens auf. Beim Auflegen der erfindungsgemäßen Bohrschablone auf den Kieferknochen schmiegt sich diese folglich eng an den Kieferknochen an und bleibt auf der Topographie bzw. Geometrie des Knochens, auf seinen Erhöhungen und Vertiefungen, allein schon wegen ihrer individuellen Gestalt ohne Fixier- oder Befestigungsmittel in stets der gleichen Position liegen. Ein weiterer, besonderer Vorteil ist die Möglichkeit der Repositionierung. Da die Bohrschablone in ihrer dreidimensionalen Gestalt die Topographie des Knochens, insbesondere Kieferknochens exakt annimmt, wird sie sich nach dem Abnehmen vom Kieferknochen beim erneuten Auflegen automatisch von selbst

wieder in die vorherige Position einfinden, da die Strukturen von Bohrschablonen und Kieferknochen nur in einer Position exakt zusammenpassen. Auch das Problem des Verrutschens beim Umgreifen mit der Hand wird mittels der so hergestellten Bohrschablone umgangen. Die Bohrschablone liegt sicher auf den Strukturen auf und kann beispielsweise auch noch zusätzlich im Knochen fixiert werden. Auch nach deren Abnahme ist eine Wiederpositionierung problemlos möglich, da sich die Bohrschablone in einzigartiger Weise an die vorhandenen Strukturen anpaßt.

[0023] Die so hergestellte Bohrschablone wird verwendet, um Bohrungen in einem Knochen für das Setzen von Implantaten insbesondere in dem Kieferknochen anzubringen. Die erfindungsgemäße Bohrschablone weist zumindest einen Bohrzylinder auf. Der Bohrzylinder entspricht dem Durchmesser, den die Bohrung zum Setzen des Implantates aufweisen soll. Weiterhin ist bevorzugt zumindest ein Einsatz zum Einsetzen in den Bohrzylinder zu dessen Verkleinerung und/oder Tiefenbestimmung vorgesehen. Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Bohrschablone wird im Gegensatz zum Stand der Technik nicht nur das Setzen einer Bohrung, der Primärbohrung, geführt, sondern es können auch die an die Primärbohrung anschließenden Bohrungen mit Hilfe einer Bohrschablone und damit exakt und paßgenau durchgeführt werden. Dies ist insbesondere bei porösem Knochenmaterial von großem Vorteil, da ein Abweichen von der gewünschten Position der Bohrung vermieden wird. Durch die Verwendung einer Mehrzahl an Einsätzen in aufsteigender Größe können so alle Bohrungen mit Hilfe einer Bohrschablone und damit paßgenau gesetzt werden.

[0024] Nachstehend wird die Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert und beschrieben. Es zeigen:

[0025] Fig. 1 eine Vorderansicht eines Unterkiefers in schematischer Darstellung;

[0026] Fig. 2 eine vergrößerte Detailansicht aus Fig. 1;

[0027] Fig. 3 eine Vorderansicht einer mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellten Form;

[0028] Fig. 4 eine vergrößerte Detailansicht der Form aus Fig. 3;

[0029] Fig. 5 eine stark vergrößerte Schnittansicht einer Form gemäß der Schnittlinie X-X, angebracht am Knochen;

[0030] Fig. 6 eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Bohrschablone;

[0031] Fig. 7 eine Draufsicht auf einen Ausschnitt der Bohrschablone von Fig. 6 (Fig. 7a) und entsprechende Einsätze (Fig. 7b, 7c); und

[0032] Fig. 8 ein Vergleich der Durchmesser der Bohrzylinder in Fig. 7.

[0033] Fig. 1 zeigt eine schematische Vorderansicht eines menschlichen Unterkiefers. Ein Unterkiefer weist neben dem Mandibularkörper 1 die beiden fortsatzartigen Kieferwinkel 2 auf. Der den Zähnen 3 und 4 zugewandte Teil des Mandibularkörpers 1 wird als Alveolarknochen bzw. Alveolarkamm bezeichnet. Der in Fig. 1 dargestellte Unterkiefer zeigt zwei Zustände des Alveolarkamms. Die durchgezogene Linie 6 gibt die äußere Begrenzung eines atrophierten Alveolarkammes wider, wie dies beispielsweise durch entzündliche Prozesse oder durch altersbedingte Abbauerscheinungen auftritt. Dieser Zustand wird für die nähere Beschreibung der Erfindung als "Ist-Zustand" bezeichnet. Wie aus Fig. 1 ersichtlich, sind die beispielsweise noch verbliebenen Zähne 3 und 4 eines alten Patienten oder eines Unfallopfers mit nur noch einem geringen Teil ihrer Wurzeln 7 und 8 im Alveolarknochen verankert, so daß diese für eine Rekonstruktion ggf. noch zu entfernen wären, da sie kaum mehr tragfähig sind.

[0034] Darüber hinaus zeigt Fig. 1 noch einen weiteren Zustand des Alveolarkammes des Unterkiefers, dargestellt

durch die schraffierte Fläche 9. Dieser zweite Zustand wird für die Beschreibung der Erfindung als "Soll-Zustand" bezeichnet. Er spiegelt zum einen die Ausgangssituation wider, die vor der Atrophierung des Alveolarkammes herrschte, zum anderen stellt er zugleich den Zustand dar, der nach Regeneration des Kieferknochen wiederhergestellt werden soll. Dieser Soll-Zustand könnte auch im jungen Erwachsenenalter durch ein CT oder Volumetomographie mittels drei Pins, Miniimplantaten oder mittels dreier fester anatomischer Punkte etc. festgelegt worden sein und bei einer Datenbank bis auf Abruf gespeichert werden. Bei dieser Datenspeicherung des Soll-Zustandes könnte sofort mittels Computer eine Differenzberechnung durchgeführt werden. Folglich wäre nur dieses eine Differenzmodell (mit leichter überlappender Ausdehnung zur Befestigung der Membran/Form) erforderlich. Wie aus der detaillierten Ansicht der Fig. 2 deutlich wird, soll dabei ein Zahn so im Alveolarkamm sitzen, daß der Übergang 18 zwischen Zahnkrone 13 und Zahnwurzel 17 entsprechend dem geschwungenen, girlandenförmigen Verlauf des Alveolarkammes verläuft. Die Erhöhungen 10 interdentaler Knochen des Alveolarkammes dienen als Anker und zugleich zur Formgebung für das Zahnfleisch, das in Fig. 2 zwischen den beiden Zähnen als Interdentalpapille 11 dargestellt ist. Wie anhand der Fig. 1 und 2 deutlich wird, fehlen durch die Degeneration des Alveolarkammes (Ist-Zustand) die knöchernen Erhöhungen 10 und damit die entsprechenden Interdentalpapillen 11 weitgehend. Weiterhin wird deutlich, daß die beiden Zähne 3 und 4 nur noch geringfügigen Halt haben. Nach Verwendung der mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellten Form kann der Unterkieferknochen vom Ist-Zustand in den Soll-Zustand regeneriert werden.

[0035] Das erfindungsgemäße Verfahren wird nun anhand der Fig. 1-4 erläutert. Im ersten Schritt wird eine dreidimensionale Bildaufnahme des Ist-Zustandes des Unterkieferknochens gemacht. Hierfür eignet sich beispielsweise die Computer- oder Volumetomographie. Diese dreidimensionale Bildaufnahme dient als Ausgangspunkt zur Rekonstruktion des Unterkiefers. Diese Rekonstruktion kann beispielsweise rechnergestützt am Bildschirm durchgeführt werden, insbesondere mittels Computer Assisted Design (CAD). Ein anderes Ausführungsbeispiel sieht vor, daß anhand des dreidimensionalen Bildes ein Modell des Ist-Zustandes hergestellt wird, z. B. durch sog. Rapid Prototyping. Dieses Modell kann auf verschiedene Art und Weise hergestellt werden. So kann es beispielsweise aus Wachs modelliert werden, es kann jedoch auch ein Kunststoffmodell hergestellt werden, anhand einer am Rechner durchgeführten Rekonstruktion des dreidimensionalen Bildes und damit des Unterkiefers, beispielsweise durch Fräsen oder Spritzguß.

[0036] Im zweiten Schritt wird der Soll-Zustand, hier des Alveolarkammes 9 festgelegt. Dies wird bevorzugt rechnergestützt durchgeführt, insbesondere mittels CAD. Es ist weiterhin bevorzugt vorgesehen, daß dies an einem Modell des Ist-Zustandes durchgeführt wird. Hierbei baut beispielsweise der Zahntechniker am Modell des Ist-Zustandes den Soll-Zustand auf, insbesondere mittels Wachs. Beim Festlegen des Soll-Zustandes werden sämtliche Strukturen miterfaßt. So wird vorzugsweise nicht nur der Soll-Zustand des Alveolarkammes festgelegt, sondern darüber hinaus auch die genaue Positionierung von beispielsweise Implantaten.

[0037] In einem dritten Schritt wird ein Modell des Soll-Zustandes des Unterkiefers hergestellt. Dieses läßt sich natürlich stark vereinfachen für den Fall, daß auf eine Datenbank zurückgegriffen werden kann. In diesem Fall kann mittels Computer eine Differenzberechnung durchgeführt, daraus der fehlende bzw. verlorengegangene Knochen errechnet und anhand dessen eine Form bzw. Membran erstellt

werden, mit deren Hilfe der fehlende Knochen in seiner exakten Form und Ausdehnung augmentiert und rekonstruiert werden kann. Das hergestellte Modell des Soll-Zustandes soll eine feste Struktur aufweisen, so daß das Modell des Soll-Zustandes nicht verformt werden kann. Im letzten Schritt wird dann eine Membran an das Modell des Soll-Zustandes angepaßt. Dabei nimmt die Membran die Topographie bzw. 3D-Geometrie des Modells an und verbleibt ohne Stütze in der dadurch erzielten, dreidimensionalen Gestalt. Sie bildet so die Form. Das Anpassen der Membran kann auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen. Beispielsweise durch Tiefziehverfahren, mittels Vakuum oder durch Explosionsumformen. Eine weitere Möglichkeit ist das Anpassen der Membran durch Anpressen mit der Hand. In jedem Fall muß das gewählte Anpaßverfahren gewährleisten, daß die Membran anschließend dem Soll-Modell eng anliegt und so dessen Topographie exakt annimmt. Die gewählte Membran ist daher in der Lage, die durch die Anpassung erzielte, dreidimensionale Gestalt zu behalten. Als derartige Membranen kommen beispielsweise Titanfolien oder Kunststoffmembranen in Frage, die durch Zusatz eines Härters härter sind. In letzterem Falle wird die Kunststoffmembran an das Soll-Modell angepaßt und ausgehärtet. Die Verwendung einer Titanfolie bringt überdies den Vorteil mit sich, daß Titan das Knochenwachstum induziert, wodurch die Regeneration des Kieferknochens schneller vonstatten geht.

[0038] Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, daß nach Aufnahme des dreidimensionalen Bildes des Ist-Zustandes des Kieferknochens dieser rechnergestützt rekonstruiert wird und vom Ist-Zustand unmittelbar ein Modell hergestellt wird, beispielsweise durch Fräsen, Spritzguß oder Laserschneidetechniken. An diesem Ist-Modell wird der Soll-Zustand festgelegt, beispielsweise mittels Wachs aufgebaut. Es ist nun möglich, daß an diesen, am Ist-Modell aufgebauten Soll-Zustand die Membran angepaßt und somit die Form hergestellt wird. Vorzugsweise ist jedoch vorgesehen, daß der am Ist-Modell festgelegte Soll-Zustand rechnergestützt rekonstruiert wird. Hierzu ist vorzugsweise vorgesehen, daß der über dem Ist-Zustand aufgebaute Soll-Zustand in den Rechner eingelesen wird, beispielsweise eingescannt wird. Nach der rechnergestützten Rekonstruktion wird ein Modell des Soll-Zustandes hergestellt, beispielsweise durch Fräsen, Spritzguß oder Laserschneidetechniken. Dieses feste Soll-Modell wird dazu verwendet, die Membran anzupassen und so die Form herzustellen. Auch das sog. "Rapid Prototyping" oder "Rapid Tooling" kann für die Herstellung des Modells, sowohl des Soll-Zustandes als auch des Ist-Zustandes verwendet werden. Damit ist deren computergesteuerte Anfertigung in rascher und exakter Weise möglich.

[0039] Es ist bevorzugt vorgesehen, daß vor der Aufnahme des dreidimensionalen Bildes im Unterkiefer Markierungspunkte 20, insbesondere drei Markierungspunkte 20, zur Aufspannung einer exakt definierten Ebene eingefügt werden. Diese Markierungspunkte 20 können beispielsweise kleine Pins sein, die in den Unterkieferknochen eingebracht werden und dort bis zum Ende der Behandlung oder auch länger verbleiben. Diese Markierungspunkte 20 erscheinen dann auch auf dem dreidimensionalen Bild des Ist-Zustandes und legen dessen räumliche Position eindeutig fest. Sie gehen ferner auch in das Modell des Soll-Zustandes mit ein, um so die Repositionierung bzw. Indexierung sicherzustellen. Die durch das erfindungsgemäße Verfahren hergestellte Form 100 (vgl. Fig. 3 und 4) weist die Markierungspunkte 20 als Markierungen 120 ebenfalls auf. Durch das Vorsehen von drei Markierungspunkten 20 bzw. 120 ist die Positionierung der mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellten Form 100 über dem Unterkiefer pro-



blemlos möglich, es müssen lediglich die Markierungen 20 und 120 zur Deckung gebracht werden. Auch nach Abnahme der Form 100 ist eine Repositionierung ebenso einfach möglich. Vorzugsweise ist vorgesehen, daß die Markierungen 20 so ausgebildet sind, daß die Form 100 an diesen fixiert werden kann.

[0040] Wie aus Fig. 3 (und Fig. 5) ersichtlich, weist die Form 100 die bügelförmige, dreidimensionale Gestalt des Soll-Zustandes des Alveolarkammes 9 auf. Entsprechend dem Verlauf des Alveolarkammes 9 mit seinen Erhöhungen 10 und Vertiefungen 12 weist auch die Form 100 entsprechende Erhöhungen 110 und Vertiefungen 112 auf. Aus der geschnittenen Seitenansicht der Fig. 5 geht der gewölbte Verlauf der Erhöhung 110 und der Vertiefung 112 hervor. Ebenso ersichtlich wird aus Fig. 5, daß die Form 100 von einer relativ dünnen Membran 130 gebildet wird, unter der sich der Knochen in der gewünschten Soll-Form regenerieren kann, wie dies punktiert angedeutet ist.

[0041] Die mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellte Form 100 wird nach ihrer Herstellung vom Soll-Modell abgenommen und dem Patienten eingesetzt. Hierfür wird vom verbleibenden, atrophierten Alveolarkamm das Bindegewebe und Zahnfleisch entfernt. Nach Einbringen von Knochenersatzmaterial (z. B. Tricalciumphosphat, demineralisierter Knochen oder Algen) und ggf. Wachstumsfaktoren zum Anregen des Wachstums der Knochenzellen, wird die Form 100 anhand der Markierungen 20 und 120 in den Mundraum des Patienten eingepaßt. Die Form 100 wird auf dem Kieferknochen befestigt, beispielsweise mittels Knochenschrauben oder Knochennägeln. Nach der Regeneration des Knochens, was erfahrungsgemäß einige Monate dauert, wird die Form 100 abgenommen und beispielsweise Implantate zum Ersatz verlorengegangener bzw. entfernter Zähne gesetzt. Der regenerierte Knochen kann problemlos bearbeitet und gebohrt werden. Nach dem Setzen der Implantate wird das Zahnfleisch wieder so vernäht, daß es den Knochen bedeckt. Es wird nun Interdentalspalt 11 ausbilden, da mittels der Form 100 entsprechende Erhöhungen 10 des Knochens vorgeformt wurden.

[0042] Das oben beschriebene Verfahren der Implantation von Implantaten und der Regeneration des Kieferknochens wird als "zweizeitiges Verfahren" bezeichnet, da die Regeneration des Kieferknochens und das Einsetzen der Implantate zeitlich getrennt erfolgen.

[0043] Im Gegensatz dazu sieht das sog. "einzeitige Verfahren" vor, daß vor der Regeneration des Knochens die Implantate gesetzt werden, d. h. im noch verbliebenen Knochen verankert werden und die Form 100 über den Implantaten fixiert wird. Die Form 100 trägt auf diese Art und Weise zur Stabilisierung der gesetzten Implantate bei, da bedingt durch deren starre Form die Implantate sicher in ihrer Position verankert werden, was für deren Einwachsen obligatorisch ist. Bereits geringfügige Bewegungen der Implantate, beispielsweise durch den Kauvorgang bedingt, bewirken, daß die Implantate in den sich regenerierenden Knochen nicht vollständig einwachsen, was neben Lockerungen auch zu späteren Entzündungen führt, da in die so gebildeten Zwischenräume leicht Bakterien eindringen können. Nach dem Setzen der Implantate, dem eventuellen Einbringen von Knochenersatzmaterial und/oder Knochenwachstumsfaktoren und dem Einpassen der Form 100 kann der Knochen regenerieren und die Implantate umwachsen. Nach der Regeneration des Knochens sind die Implantate fest eingewachsen. Dadurch lassen sich chirurgische Eingriffe auf ein Minimum reduzieren.

[0044] Das erfindungsgemäße Verfahren kann nicht nur zur Herstellung einer Form zur Regeneration des Alveolarkammes des Kieferknochens verwendet werden, sondern

auch zum Aufbau von Knochenmaterial an anderen Stellen. Als Beispiel seien hier Knochenaufbauten für die Schönheitschirurgie genannt. So wünschen manche Patienten beispielsweise ein prominenteres Kinn, stärker vortretende Wangenknochen oder anders geformte Knie. Anstelle des Einsetzens von künstlichen Materialien wie z. B. Silikonkissen oder Metallplatten, wird nun mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens ermöglicht, daß eine Form hergestellt wird, die der Soll-Oberflächengestalt des gewünscht aufgebauten Knochens entspricht. Diese Form kann dann an den geschilderten Strukturen fixiert werden und der Knochen in diese hineinwachsen, wie oben für den Aufbau des Kieferknochens geschildert. Auf diese Art und Weise ist das geschilderte Verfahren nahezu beliebig anwendbar, sowohl für die Schönheitschirurgie als auch für die Regeneration atrophierter oder beispielsweise auch durch Unfall geschädigter Knochens. Ein Knochenaufbau mit nahezu beliebiger Gestalt ist problemlos anhand des beschriebenen Verfahrens für fast jeden Knochen möglich.

[0045] Die erfindungsgemäße Bohrschablone 200 und das Verfahren zu ihrer Herstellung wird anhand der Fig. 6 bis 8 erläutert. Die Bohrschablone 200, in Fig. 6 in Draufsicht gezeigt, weist die geschwungene, ellipsoide Form des Unterkiefers auf. Darüber hinaus weist es entsprechend der Anzahl der Zähne Bohrzyylinder 201, 202, 203, 204 auf, die entsprechend der für die entsprechenden Zähne vorgesehenen Implantate entsprechende Durchmessergrößen aufweisen. So sind in der Regel die Bohrzyylinder 201 für die Schneidezähne und 202 für die Eckzähne geringer im Durchmesser als die Bohrzyylinder 203 für die Prämolaren und 204 für die Molaren. Die Bohrschablone 200 besteht wie die Form 100 aus einer Membran 230. Darüber hinaus weist auch die Bohrschablone 200 den Markierungen 20 entsprechende Markierungen 220 auf. Die Bohrzyylinder 201, 202, 203, 204 der Bohrschablone 200 weisen den Durchmesser auf, der für die Bohrung notwendig ist, um anschließend die Implantate zu setzen. Da jedoch erfahrungsgemäß Knochen zu hart ist, um auf einmal mit dem den Bohrzyindern 201, 202, 203, 204 entsprechenden Bohrern zu bohren, ist vorzugsweise zumindest ein Einsatz 214 (vgl. Fig. 7B) vorgesehen, der in den Bohrzyylinder 204 eingesetzt wird. Durch Einsetzen des Einsatzes 214 in den Bohrzyylinder 204 wird der Durchmesser des Bohrzyinders 204 entsprechend verkleinert. In Fig. 8 ist der Durchmesser des Bohrzyinders 204 (a) gegen den durch den Einsatz 214 gebildeten Durchmesser (b) aufgetragen. Durch Einsetzen des Einsatzes 214 in den Bohrzyylinder 204 wird ermöglicht, daß der Zahnarzt eine entsprechend kleinere Bohrung, beispielsweise die Primärbohrung vornehmen kann. Der Durchmesser (b) gibt ihm dabei deren Position wider. Es ist vorzugsweise vorgesehen, daß neben dem Einsatz 214 für die Primärbohrung noch weitere, in der Größe aufsteigende Einsätze vorgesehen sind, beispielsweise wie der in Fig. 7C gezeigte Einsatz 224. Der Innendurchmesser (c) des Einsatzes 224 liegt in seinen Dimensionen zwischen den Durchmessern (a) und (b), wie aus Fig. 8 deutlich wird. Dadurch hat der Zahnarzt die Möglichkeit, nicht nur die Primärbohrung mit Hilfe des durch den Einsatz 214 bereitgestellten Bohrzyinders und die Endbohrung mit Hilfe des Bohrzyinders 204 zu bewerkstelligen, sondern kann auch die darauffolgenden Zwischenbohrungen unter Zuhilfenahme dieser Bohrlehre durchführen.

[0046] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung der Bohrschablone 200 sieht (ähnlich wie die zuvor beschriebenen Schritte) vor, daß ein dreidimensionales Bild des Ist-Zustandes beispielsweise des Unterkiefers (vgl. Fig. 1) aufgenommen wird. Dies kann beispielsweise mittels Computertomographie erfolgen. Das aufgenommene, dreidimensionale Bild des Ist-Zustandes dient der Rekonstruk-

tion des Kieferknochens. Dies kann beispielsweise rechnergestützt durchgeführt werden, oder aber durch die Herstellung eines Modells, ausgehend vom Ist-Zustand. Im nächsten Schritt wird der Soll-Zustand des Kieferknochens, in dem die Implantate gesetzt werden sollen, unter Beachtung medizinischer Parameter und ästhetischer Ziele festgelegt ("modelliert"). Dies kann beispielsweise rechnergestützt durchgeführt werden, insbesondere mittels CAD, oder aber es wird am Modell direkt durchgeführt, beispielsweise mittels Wachs. Sollte dabei auf eine Datenbank, die den Zustand vor Atrophie, Trauma etc. widerspiegelt, zurückgegriffen werden können, vereinfacht sich die Vorgehensweise, da per Computer eine Differenzberechnung durchgeführt werden kann und somit nur ein Differenzmodell erstellt werden müßte (mit entsprechendem Sicherheitsübergang zur Fixierung und Positionierung). Im darauffolgenden Schritt wird ein Modell des Soll-Zustandes des Kieferknochens hergestellt. Nach dem Festlegen des Sollzustandes am Computer kann dies beispielsweise mittels Fräsen, Spritzguß oder Laserschneidetechniken erfolgen. Wurde ein Modell des Ist-Zustandes angefertigt und darauf der Soll-Zustand durch Modellieren mit Hilfe von Wachs festgelegt, so wird bevorzugt, daß dieses in den Rechner eingelesen, beispielsweise eingescannt wird, und anschließend ein Soll-Modell erneut hergestellt wird, wobei dieses dann aus einem festen Material besteht. An das Modell des Soll-Zustandes wird eine Membran angepaßt, so daß die Membran die Topographie des Modells annimmt und ohne Stütze in der dadurch erzielten, dreidimensionalen Gestalt verbleibt. Hierfür sind verschiedene Verfahren möglich, beispielsweise Tiefziehverfahren, mittels Vakuum oder durch Explosionsumformen. Im letzten Schritt wird jeweils ein Bohrzylinder 201, 202, 203, 204 in der Bohrschablone 200 an der Stelle angebracht, wo jeweils ein Implantat vorgesehen ist. Auf diese Art und Weise wird eine Bohrschablone ausgebildet, wobei auch das Einfügen der Bohrzylinder simultan mit dem Umformen erfolgen kann.

[0047] Es sei darauf hingewiesen, daß der hierin verwendete Begriff "Knochen" auch knochenartiges oder knochenverwandtes Material mit einschließen soll, z. B. Knorpel, so daß z. B. auch Nasen- oder Ohrenknorpel damit gezielt aufgebaut werden können.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Form zur Verwendung für den gesteuerten Aufbau eines Knochens, umfassend die folgenden Schritte:
  - (a) Aufnahme eines dreidimensionalen Bildes des Ist-Zustandes des aufzubauenden Knochens zu dessen Rekonstruktion;
  - (b) Festlegen des Soll-Zustandes des aufzubauenden Knochens;
  - (c) Herstellung eines Modells des Soll-Zustandes des aufzubauenden Knochens;
  - (d) Anpassen einer Membran (130) an das Modell, wobei die Membran (130) die Topographie des Modells annimmt und ohne Stütze in der dadurch erzielten dreidimensionalen Gestalt verbleibt und so die Form (100) bildet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Rekonstruktion computergestützt durchgeführt wird, insbesondere mittels CAD.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nach Schritt (a) folgender Schritt eingefügt wird: Herstellen eines Modells des Ist-Zustandes, insbesondere aus Wachs.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, daß Schritt (b) computergestützt durchgeführt wird, insbesondere mittels CAD oder eines früher angefertigten Ausgangszustandes mit Datenbank-Hinterlegung.

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß Schritt (b) am Modell des Ist-Zustandes ausgeführt wird, insbesondere mittels Wachs.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Schritt (a) die folgenden Unterschritte umfasst:

- (i) Aufnahme eines dreidimensionalen Bildes des Ist-Zustandes des aufzubauenden Knochens;
- (ii) computergestützte Rekonstruktion des Ist-Zustandes, insbesondere mittels CAD, und
- (iii) Herstellen eines Modells des Ist-Zustandes anhand des rekonstruierten Ist-Zustandes, insbesondere durch Fräsen, Spritzguß oder Laserschneidetechniken;

und wobei Schritt (b) die folgenden Unterschritte umfasst:

- (j) Festlegen des Soll-Zustandes am Modell des Ist-Zustandes, insbesondere mittels Wachs,
- (jj) computergestützte Rekonstruktion des Soll-Zustandes, insbesondere durch Verfahren der elektronischen Erfassung, und
- (jjj) Herstellen eines Modells des rekonstruierten Soll-Zustandes, insbesondere durch Fräsen, Spritzguß oder Laserschneidetechniken.

7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß vor Schritt (a) folgender Schritt eingefügt wird: Setzen von zumindest drei Markierungspunkten (20) im Unterkiefer.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Anpassen der Membran (130) durch Tiefziehverfahren, mittels Vakuum oder durch Explosionsumformen erfolgt.

9. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran (130) eine Titanfolie ist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran (130) eine Kunststoffmembran ist, die härter ist, insbesondere durch Zufügen eines Härters.

11. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der aufzubauende Knochen ein Kieferknochen ist.

12. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der aufzubauende Knochen ein Kinn-, Wangen-, Stirn-, Becken- oder Knie-Knochen ist.

13. Verfahren zur Herstellung einer Bohrschablone zum Anbringen von Bohrungen in einem Knochen, insbesondere Kieferknochen für das Setzen von Implantaten in dem Kieferknochen, gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- (a) Aufnahme eines dreidimensionalen Bildes des Ist-Zustandes des Knochens zu dessen Rekonstruktion;
- (b) Festlegen des Soll-Zustandes des Knochens;
- (c) Herstellung eines Modells des Soll-Zustandes des Knochens;
- (d) Anpassen einer Membrane (230) an das Modell, wobei die Membrane (230) die Topographie des Modells annimmt und ohne Stütze in der dadurch erzielten dreidimensionalen Gestalt verbleibt; und
- (e) Anbringen jeweils eines Bohrzylinders (201, 202, 203, 204) in der Membrane (230) zur Bil-



13 dung der Bohrschablone (200) an jeweils der  
Stelle, an der ein Implantat vorgesehen ist.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß der Bohrzylinder (201, 202, 203, 204) ei-  
nen Durchmesser aufweist, der dem Durchmesser ent- 5  
spricht, den die Bohrung zum Setzen des Implantates  
aufweisen soll.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch ge-  
kennzeichnet, daß die Rekonstruktion computerge-  
stützt durchgeführt wird, insbesondere mittels CAD. 10

16. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch ge-  
kennzeichnet, daß nach Schritt (a) folgender Schritt  
eingefügt wird: Herstellen eines Modells des Ist-Zu-  
standes, insbesondere aus Wachs.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, 15  
dadurch gekennzeichnet, daß Schritt (b) computerge-  
stützt durchgeführt wird, insbesondere mittels CAD.

18. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß Schritt (b) am Modell des Ist-Zustandes  
ausgeführt wird, insbesondere mittels Wachs. 20

19. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch ge-  
kennzeichnet, daß Schritt (a) die folgenden Unter-  
schritte umfasst:

(i) Aufnahme eines dreidimensionalen Bildes des  
Ist-Zustandes des Knochens; 25

(ii) computergestützte Rekonstruktion des Ist-/Zu-  
standes, insbesondere mittels CAD, und

(iii) Herstellen eines Modells des Ist-Zustandes  
anhand des rekonstruierten Ist-Zustandes, insbe-  
sondere durch Fräsen, Spritzguß oder Laser- 30  
schneidetechniken;

und wobei Schritt (b) die folgenden Unterschritte um-  
fasst:

(j) Festlegen des Soll-Zustandes am Modell des  
Ist-Zustandes, insbesondere mittels Wachs, 35

(jj) computergestützte Rekonstruktion des Soll-  
Zustandes, insbesondere durch Verfahren der  
elektronischen Erfassung, und

(jjj) Herstellen eines Modells des rekonstruierten  
Soll-Zustandes insbesondere durch Fräsen, 40  
Spritzguß oder Laserschneidetechniken.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 19,  
dadurch gekennzeichnet, daß vor Schritt (a) folgender  
Schritt eingefügt wird: Setzen von zumindest drei Mar-  
kierungspunkten (20) im Unterkiefer. 45

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 20,  
dadurch gekennzeichnet, daß das Anpassen der Mem-  
brane (230) durch Tiefziehverfahren, mittels Vakuum  
oder durch Explosionsumformen erfolgt.

22. Bohrschablone zum Anbringen von Bohrungen in 50  
einem Knochen, insbesondere Kieferknochen für das  
Setzen von Implantaten in dem Knochen, insbesondere  
Kieferknochen, die zumindest einen Bohrzylinder auf-  
weist, dadurch gekennzeichnet, daß

(a) der Durchmesser des zumindest einen Bohr- 55  
zylinders (201, 202, 203, 204) dem Durchmesser  
entspricht, den die Bohrung zum Setzen des Im-  
plantates aufweisen soll; und

(b) daß zumindest ein Einsatz (214, 224) zum  
Einsetzen in den zumindest einen Bohrzylinder 60  
(201, 202, 203, 204) zu dessen Verkleinerung für  
eine Primärbohrung vorgesehen ist.

23. Bohrschablone nach Anspruch 22, dadurch ge-  
kennzeichnet, daß mehrere Einsätze (214, 224) in auf-  
steigender Größe vorgesehen sind. 65

- Leerseite -

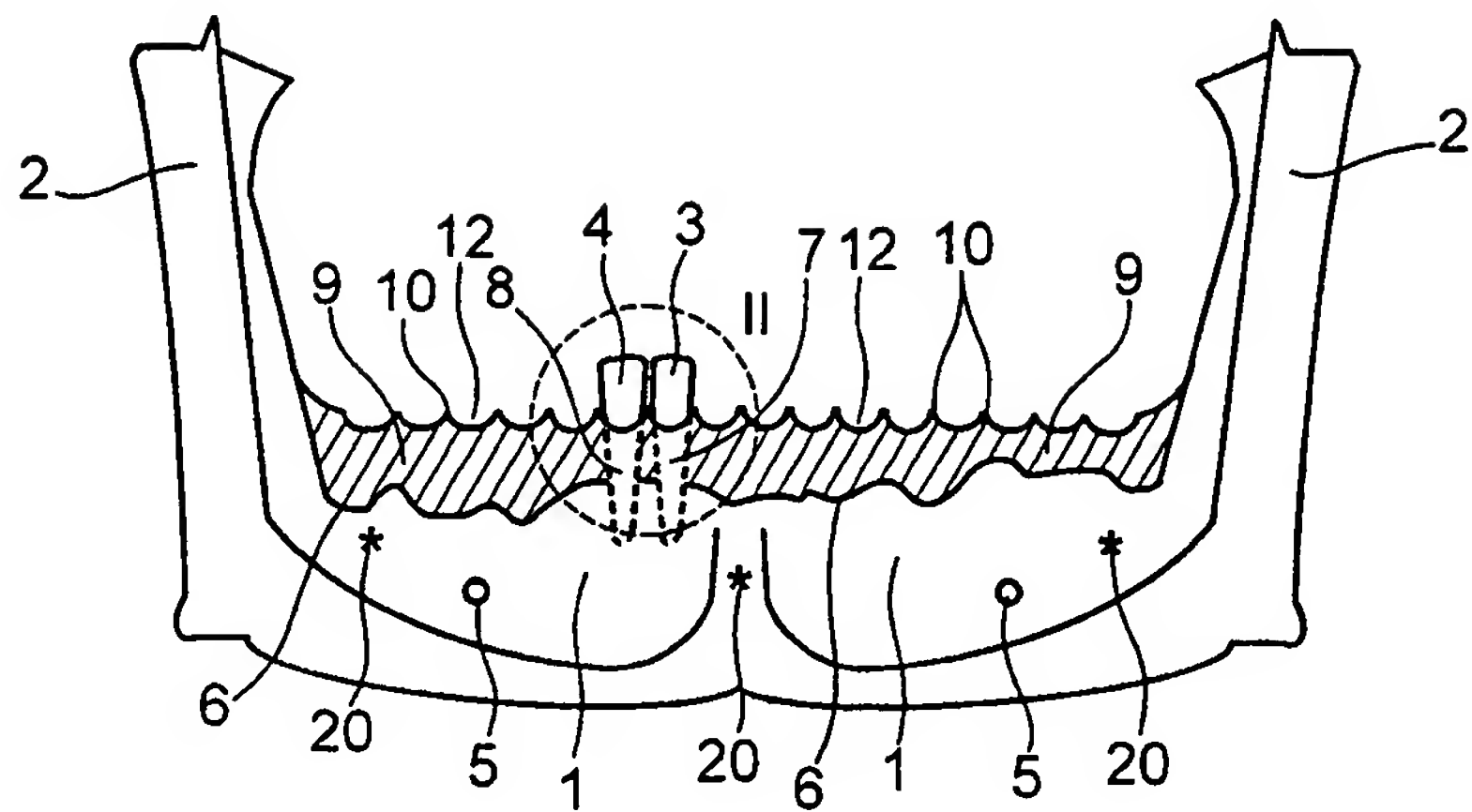


Fig. 1

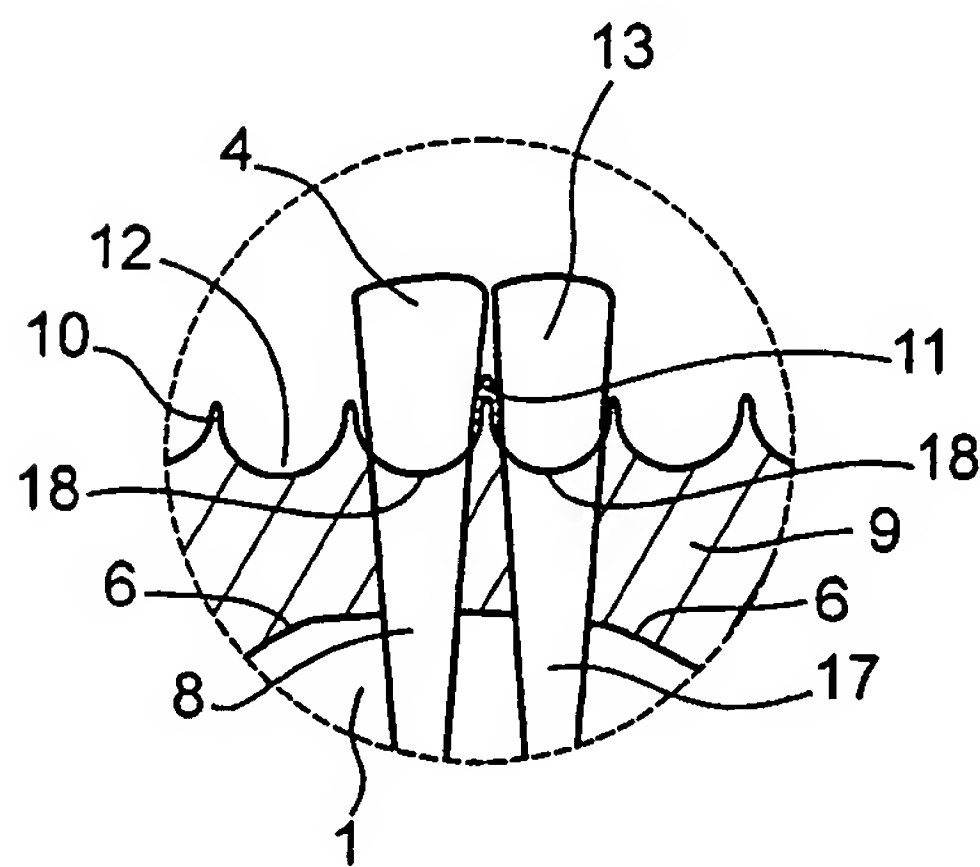
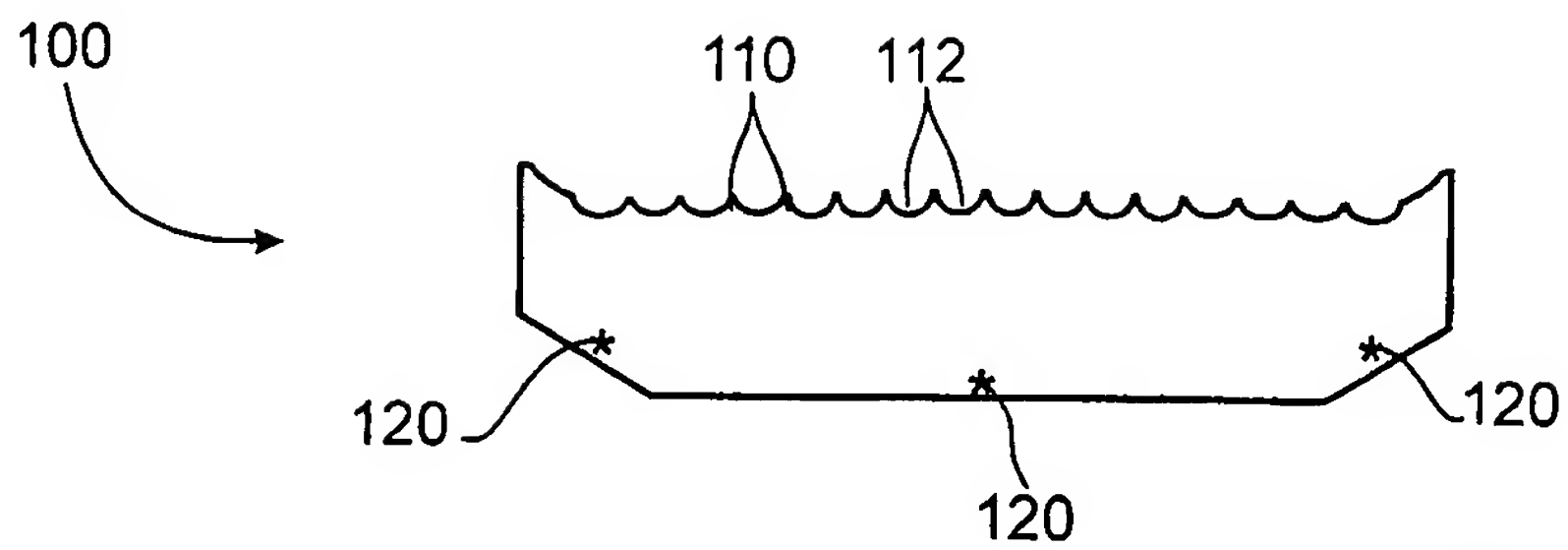
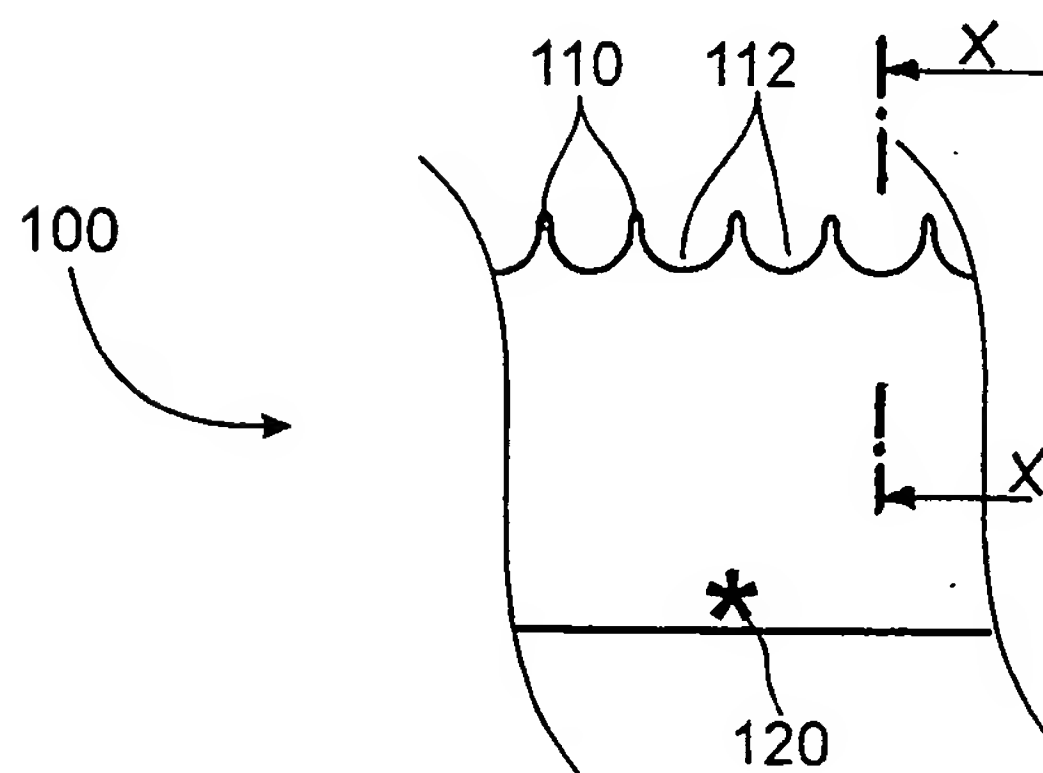


Fig. 2

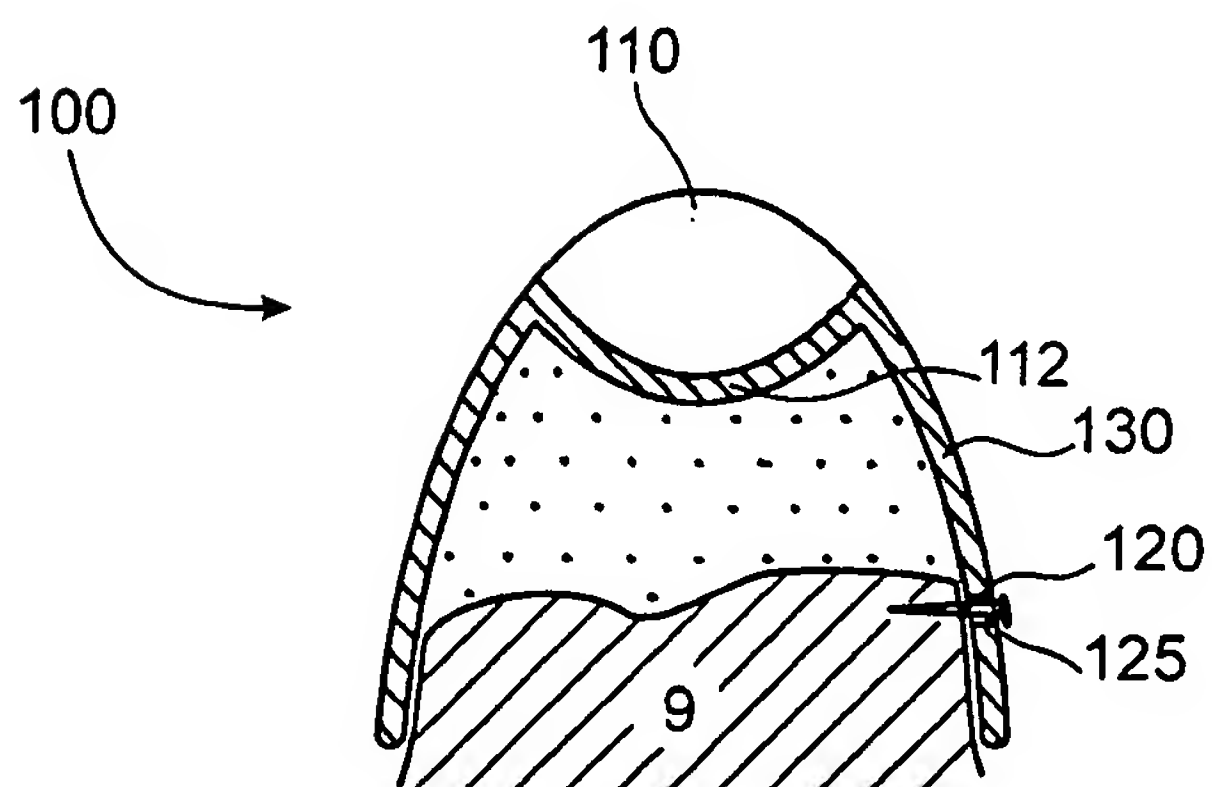




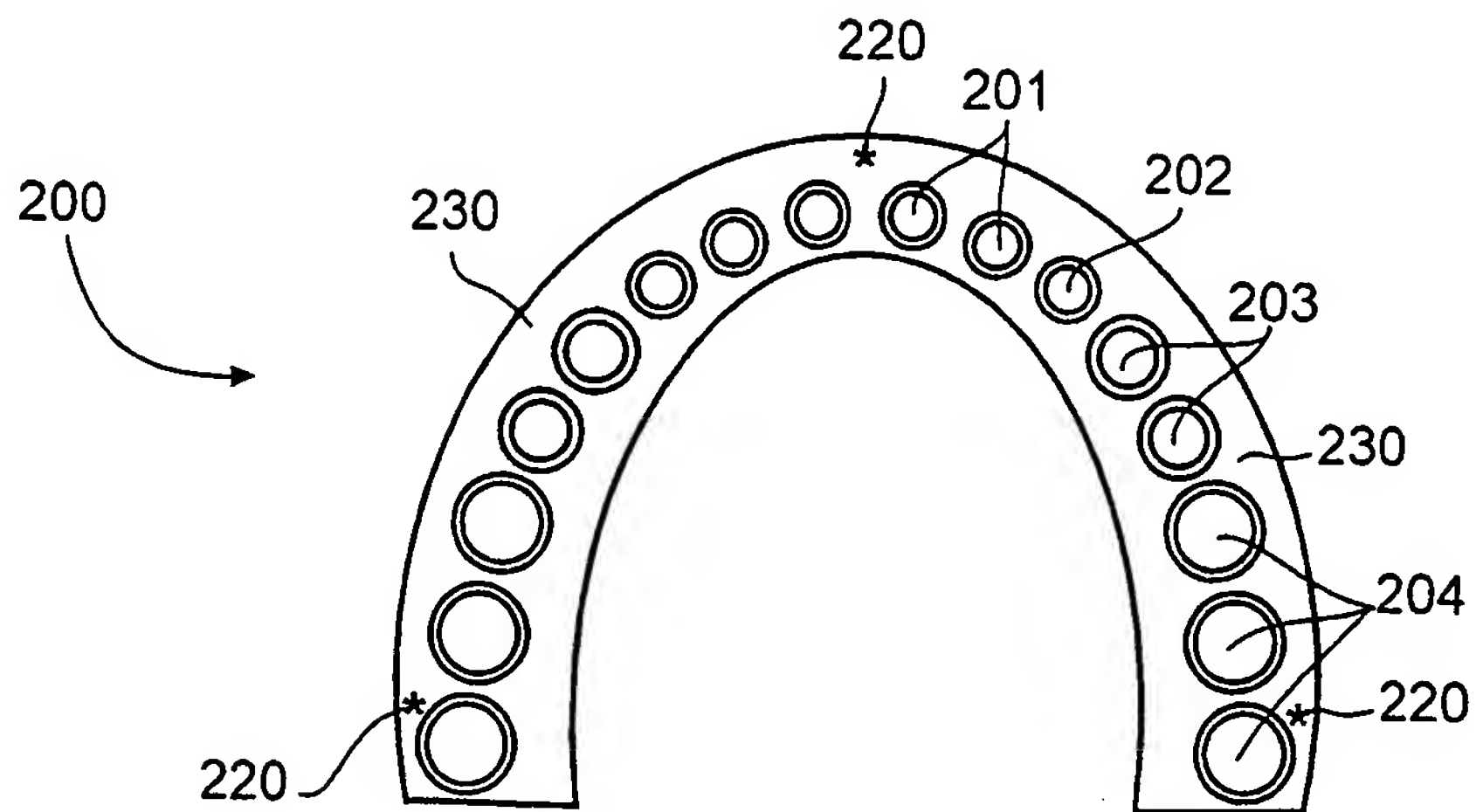
**Fig. 3**



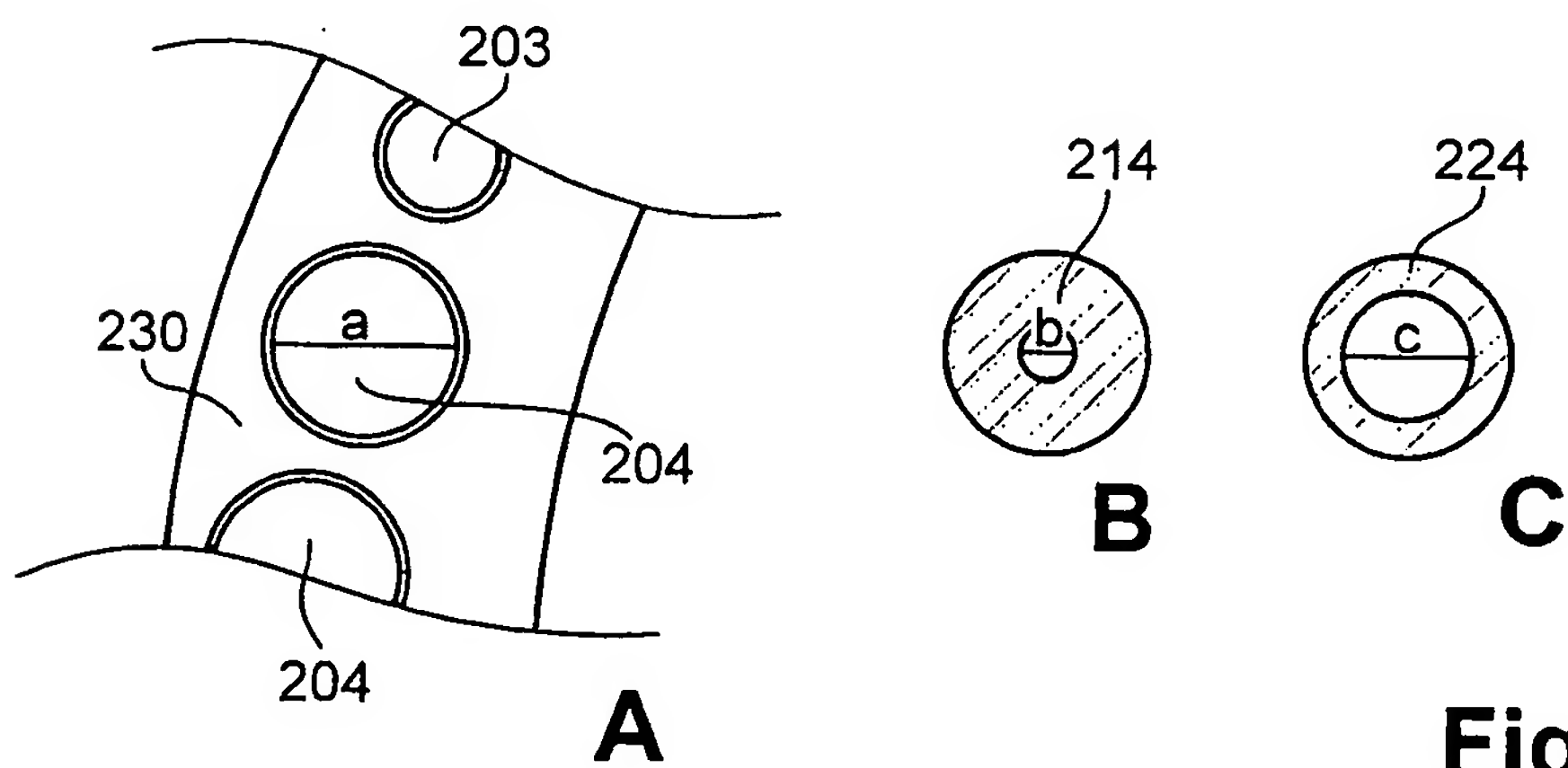
**Fig. 4**



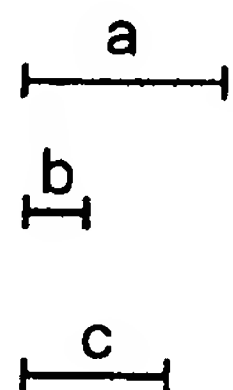
**Fig. 5**



**Fig. 6**



**Fig. 7**



**Fig. 8**